

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -  
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko-geologická fakulta  
Institut geodézie a důlního měřictví

**Sledování stability svahu v oblasti Lidečko**

Monitoring of Slope Stability in "Lidečko" Area

bakalářská práce

**Autor:**

Michaela Žembová

**Vedoucí bakalářské práce:**

Ing. Eva Jiránková, Ph.D.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Hornicko-geologická fakulta  
Institut geodézie a důlního měřictví

## Zadání bakalářské práce

Student: **Michaela Žembová**  
Studijní program: B3646 Geodézie a kartografie  
Studijní obor: 3646R007 Inženýrská geodézie  
Téma: **Sledování stability svahu v oblasti Lidečko**  
**Monitoring of Slope Stability in "Lidečko" Area**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte polohové a výškové zaměření bodů stávající měřické přímky, časový interval měření zvolte vhodně podle očekávaných svahových pohybů.
2. Vyhodnoťte naměřená data.
3. Učiňte závěr o stabilitě svahu, výsledky vhodně graficky prezentujte.

Seznam doporučené odborné literatury:

SCHENK, J. *Měření pohybů a deformací v poklesové kotlině*, skripta VŠB-TU Ostrava 1999  
GAVLOVSKÝ, E. *Inženýrská geodézie*, skripta VŠB-TU Ostrava 2002  
ŠVÁBENSKÝ, O., VITULA, A. *Inženýrská geodézie, návody ke cvičení I*, VUT Brno 2006  
ZÁRUBA, Q., MENCL, V. *Sesuvy a zabezpečování svahů*, Academia Praha 1987

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Eva Jiránková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2012

Datum odevzdání: 30.04.2013

Ing. Pavel Černota, Ph.D.  
vedoucí institutu



prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.  
děkan fakulty

### Prohlášení

Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

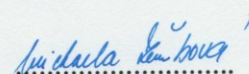
Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30. 4. 2013



Michaela Žembová

**Poděkování:**

Chtěla bych upřímně poděkovat paní Ing. Evě Jiráňkové, Ph.D. za odborné vedení, za cenné rady a čas věnovaný při vypracování mé bakalářské práce. Zároveň děkuji panu Ing. Miroslavu Novosadovi za věnovaný čas a poskytnuté materiály.

## ANOTACE

Předkládaná bakalářská práce se zabývá problematikou sesuvu svahu v Lidečku na Vsetínsku. Důvodem měření a sledování svahu je vybudování vodovodního přivaděče pitné vody. Tento sesuv byl již v minulosti monitorován. Je sledován obzvlášť po roce 2007. Sesuv se měřil oboustranně připojeným a orientovaným polygonem a metodou GNNS. Měření se provádělo ve třech etapách 2. 7. 2012, 2. 11. 2012 a 15. 4. 2013.

Tato bakalářská práce je věnována popisu lokality jak obce Lidečka, tak vlastního tělesa sesuvu, teoretickému popsání postupu při měření a popisu použitého přístrojového vybavení. Stěžejní část práce je věnována zpracovanému měření, grafickému porovnávání výsledků a následně jeho vyhodnocení.

**Klíčová slova:** stabilita svahu, měření pohybů, svahové deformace

## ANNOTATION

Presented bachelor thesis deals with problems of a landslide of a slope in Lidečko, Vsetín region. The reason for measuring and monitoring the slope is building a water conduit with supplies of drinking water. This landslide was previously monitored, especially after year 2007. The landslide was measured by bilaterally connected and oriented polygon using GNSS method. The measurement was done in three stages 2. 7. 2012, 2. 11. 2012 and 15. 4. 2013.

This thesis contains description of both - the site, municipality Lidečko, and the very own body of the slide, as well as theoretical description of the procedure for the measurement and description of equipment used for this measurement. The main part is devoted to processed measurement, graphical comparison of results of this measurement followed by its evaluation.

**Keywords:** slope stability, measuring movements, slope deformations

## Obsah

Úvod.....	9
1. Teorie .....	10
1.1. Definice svahu.....	10
1.2. Typy svahů .....	10
2. Obec Lidečko .....	10
3. Popis svahu .....	12
3.1. Lokalita sesuvu svahu .....	12
3.2. Popis vlastního tělesa sesuvu .....	12
4. Použité programy .....	14
4.1. Groma.....	14
4.1.1. Detailní popis .....	14
4.2. Leica Geo Office 7 .....	15
4.3. MicroStation PowerDraft .....	15
5. Měřické metody .....	16
5.1. Polární metoda .....	16
5.1.1. Definice.....	16
5.1.2. Postup měření .....	16
5.2. Polygonový pořad oboustranně připojený a oboustranně orientovaný .....	18
5.2.1. Definice.....	18
5.2.2. Výpočet polygonového pořadu .....	19
5.3. Technologie GNSS.....	21
5.3.1. WGS-84 (WorldGeodeticSystem 1984) .....	22
5.3.2. ETRS-89 (EuropeanTerrestrial Reference System 1989).....	22
6. Přístrojové vybavení .....	23
6.1. Leica TCR 307 .....	23
6.1.1. Popis přístroje .....	24
6.1.2. Technické parametry přístroje .....	24
6.2. TopconHiPer pro .....	26
8. Výsledky geodetického monitoringu .....	29
8.1. Grafické znázornění .....	30
Závěr: .....	33

Použitá literatura a zdroje .....	34
Seznam obrázků .....	35
Seznam tabulek .....	36
Seznam grafů .....	37
Přílohy.....	38

## Seznam použitých zkratk

<b>GNNS</b>	globální navigační družicový systém (Global Navigation Satellite System)
<b>WGS-84</b>	světový geodetický referenční systém (World Geodetic System 1984)
<b>ETRS-89</b>	evropský terestrický referenční systém (European Terrestrial Reference System 1989)
<b>ICRS</b>	mezinárodní nebeský referenční systém (International Celestial Reference System)
<b>ITRS</b>	mezinárodní terestrický referenční systém (International Terrestrial Reference System)
<b>CEP</b>	konvenční efemeridový pól (celestin ephemeris pole)
<b>ICRF</b>	mezinárodní nebeský referenční rámec (International Celestial Reference Frame)
<b>CIO</b>	konvenční mezinárodní počátek (conventional International Origin)
<b>GRS-80</b>	geodetický referenční systém (Geodetic Reference System 1980)
<b>S-JTSK</b>	jednotná trigonometrická síť katastrální
<b>Bpv</b>	baltský po vyrovnání



## Úvod

V mé bakalářské práci se zabývám sledováním a měřením sesuvu svahu v Lidečku. Samotná lokalita se nachází v údolí řeky Senice v k. ú. Lidečko, město Vsetín, kraj Zlínský, mapový list č. 25-413 – Francova Lhota.

Měření daného sesuvu je aktuální hlavně z toho důvodu, že tento mohutný a pořád aktivní sesuv se nachází nad vodovodním přivaděčem, který pitnou vodou zásobuje velmi rozsáhlou lokalitu. V případě sesuvu svahu by došlo k vážnému ohrožení dodávky pitné vody pro obyvatelé Hornolidečska, Valašskokloboucka, Slavičína a Luhačovic. Pro tyto obyvatele je to již několik let trvající hrozba. Sesuv je již několik let aktivní a s každým déle trvajícím deštěm se riziko sesunutí masy zeminy stále zvyšuje. Obyvatelé jsou neustále vystaveni nebezpečí a představa, že několik desítek tisíc obyvatel zůstane bez pitné vody, není nikterak povzbuzující. Na klidu nepřidá ani to, že k tomu, aby došlo ke katastrofě, stačí, aby napadalo jen třicet až 55 milimetrů srážek. Jen toto zdánlivě malé množství srážek stačí k tomu, aby dokázalo rozpohybovat sesuv.

Sesuv půdy se dal do pohybu už v roce 1997 po rozsáhlých povodních. Pak následovalo další zhoršení stavu, a to v roce 2006, kdy po velkých přivalech sněhu došlo k tání a následné oblevě. Tyto nadměrné přívaly vody způsobily, že došlo k pohybu čela sesuvu a svah se posunul z 60 metrů až na 12 metrů od přivaděče. Sesuv se neustále pohybuje i v současné době, a to zejména v období zvýšených srážek. Hodnoty jsou již o něco menší než před několika lety. Ovšem nebezpečí stále trvá a hlídání sesuvu a měření jsou na místě a rozhodně by se neměla podcenit.

V dané lokalitě probíhala mnohá měření sesuvu a také několik etap sanačních a monitorovacích prací. Také zasedal několikrát krizový štáb. Tento sesuv byl dále sledován geodeticky a geofyzicky v roce 2011 Vysokou školou báňskou – Technickou univerzitou v Ostravě.

Měření, která jsou předmětem mé bakalářské práce, probíhala ve třech etapách, a to 2. 7. 2012, 2. 11. 2012 a 15. 4. 2013. Tato měření budou v stěžejní části bakalářské práce porovnána pomocí grafů a vyhodnocena.

Cílem této práce je posouzení stability svahu případně jeho posunu.

## 1. Teorie

### 1.1. Definice svahu

Svah je nejrozšířenější formou reliéfu povrchu. Je to forma nakloněného terénu, který se nachází u vyvýšených míst. Může dosahovat různého sklonu v závislosti na jeho příkrostiti. [1] [2]

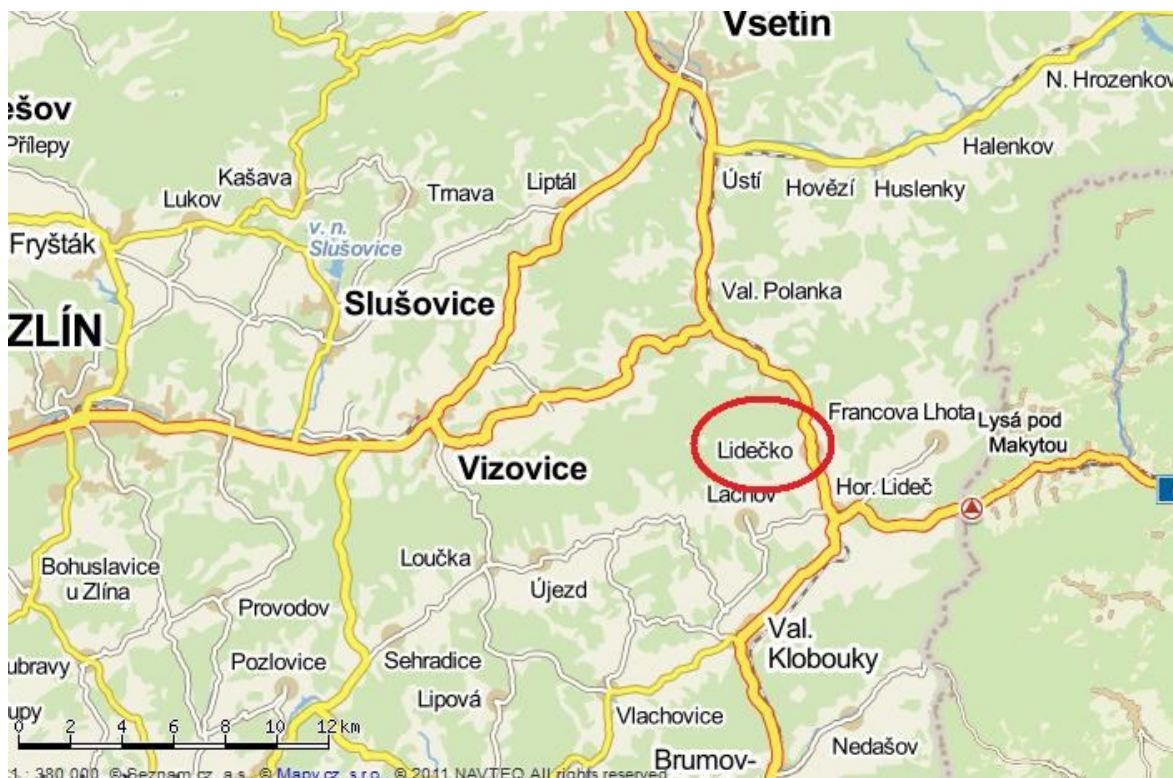
### 1.2. Typy svahů

- Svahy erozní – vytvořené erozní činností
- Svahy pokryté deluviálními sedimenty – suťové kužele a osypy
- Svahy eolické – tvořené sprašemi a sprašovými hlínami
- Svahy sesuvné – vytvářeny svahovými deformacemi, mají často nepravidelně zvlněný povrch různého tvaru, věku a typu. Neposkytuje příznivé podmínky pro stavební záměr, protože úložné poměry jsou neuspořádané s nepravidelným výskytem vody.

Tyto svahy vznikly přírodně. Ovšem řada svahů byla vytvořena činností člověka.[1]

## 2. Obec Lidečko

Kraj:	Zlínský
Správní obvod:	Vsetín
GPS souřadnice:	49°12'10.913N, 18°3'4.679 E
Nadmořská výška:	445 m
Katastrální výměra:	1735 ha
Počet obyvatel:	1849
Průměrný věk:	37 let



Obr. č. 1 Rozpoložení obce Lidečko v měřítku 1:380 000

Lidečko se nachází 19 km jižně od Vsetína. Katastr Lidečka leží v údolí říčky Senice. Tok Senice tvoří rozhraní dvou pahorkatin. Levý břeh omývá konec Vizovických vrchů a druhý patří k pohoří Javorníků. Obě pohoří odděluje průsmyk nazývaný Lomensko. Na Vizovickém vrchu, který končí s nadmořskou výškou Kopec 699 metrů, leží známý přírodní výtvar Čertovy skály. Nadmořské výšky jsou uvedeny ve výškovém systému Bpv.[3]

**Čertovy skály** jsou přírodní památkou, která nabízí mnoho různých terénních a skalní útvarů tato přírodní památka je dlouhá asi 150 metrů a až 25 metrů vysoká. Čertovy skály tvoří výrazný pískovec na úpatí jihozápadního svahu. Nacházejí se v dolní levé části říčky Senice a u soutěsky Lomensko v nadmořské výšce 450 – 490 metrů na severním okraji obce a asi 100 metrů od státní silnice a 150 metrů od železniční tratě. Ke skalám se váže pár lidových pověstí. Jedna vypráví o sázce chytrého vlašského mlynáře s čertem a další o zjevování černokněžníka, který vodil chudý lid pod skály do jeskyní a tam je obdarovával zlatem.[3][4]

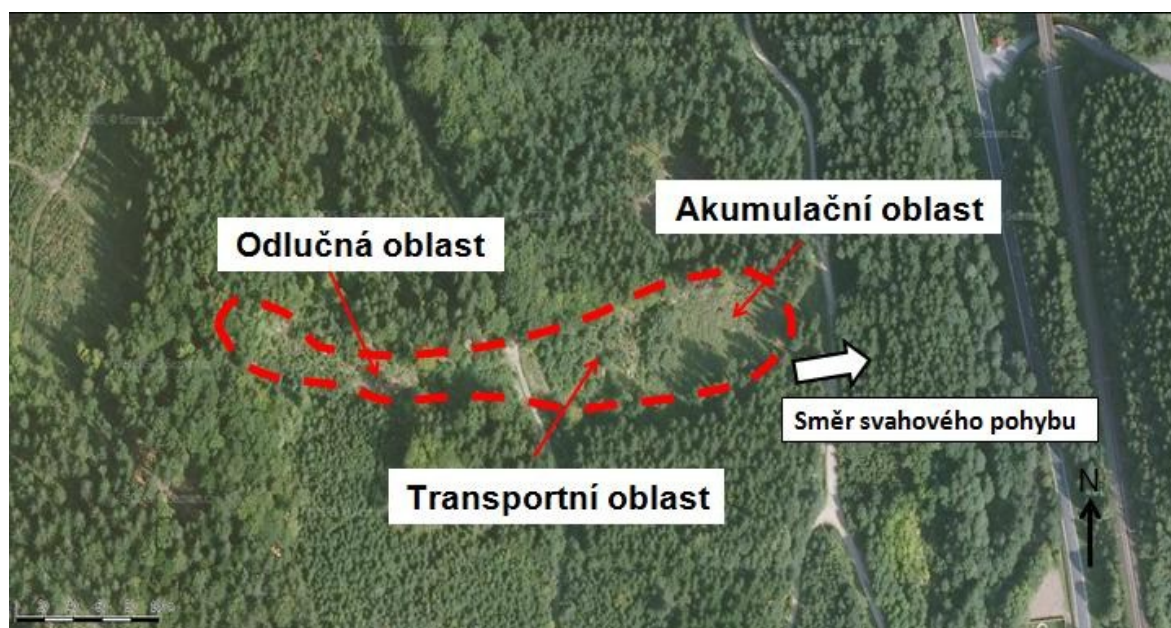
### 3. Popis svahu

#### 3.1. Lokalita sesuvu svahu

Sesuv svahu se leží v k. ú. Lidečko, město Vsetín, kraj Zlínský, mapový list č. 25-413 – Francova Lhota. K sesuvu vede horní lesní cesta, která má přibližně severojižní směr – stoupá k severu. Cesta protíná vrstevnice o výšce 535 metrů na jihu až 549 metrů na severu. V oblasti svahu se vyskytují četné smrkové monokultury. Na samotném svahu se žádné dřeviny nevyskytují, je spíše pokryt druhy travnatých lad např. kaprad' samec. Terén je hornatý, poměrně členitý a povrch upadá do údolí obce Lidečka. Sesuv také tvoří pískovce různé zrnitosti často drobně slepencovité s vápnitým, nebo jílovitým tmelem.[5]

#### 3.2. Popis vlastního tělesa sesuvu

Délka je cca 350 metrů. Šířka ve spodní části je cca 50 metrů a v horní polovině asi 30 metrů. Výškově je ohraničen vrstevnicemi 218 metrů – 465 metrů. Průměrný a neměnný sklon je 35°. Oblast sesuvu můžeme vyčlenit do tří oblastí: odlučnou, transportní a akumulární.



Obr. č. 2 znázornění oblastí

Odlučná oblast je výškově omezena vrstevnicemi 615 metrů – 545 metrů. Její délka je asi 170 metrů dlouhá. Zasahuje až k polní cestě, která protíná sesuv přibližně v jeho střední části. Tato oblast je už „vyprázdněná“, protože horninový a zeminový materiál se nachází



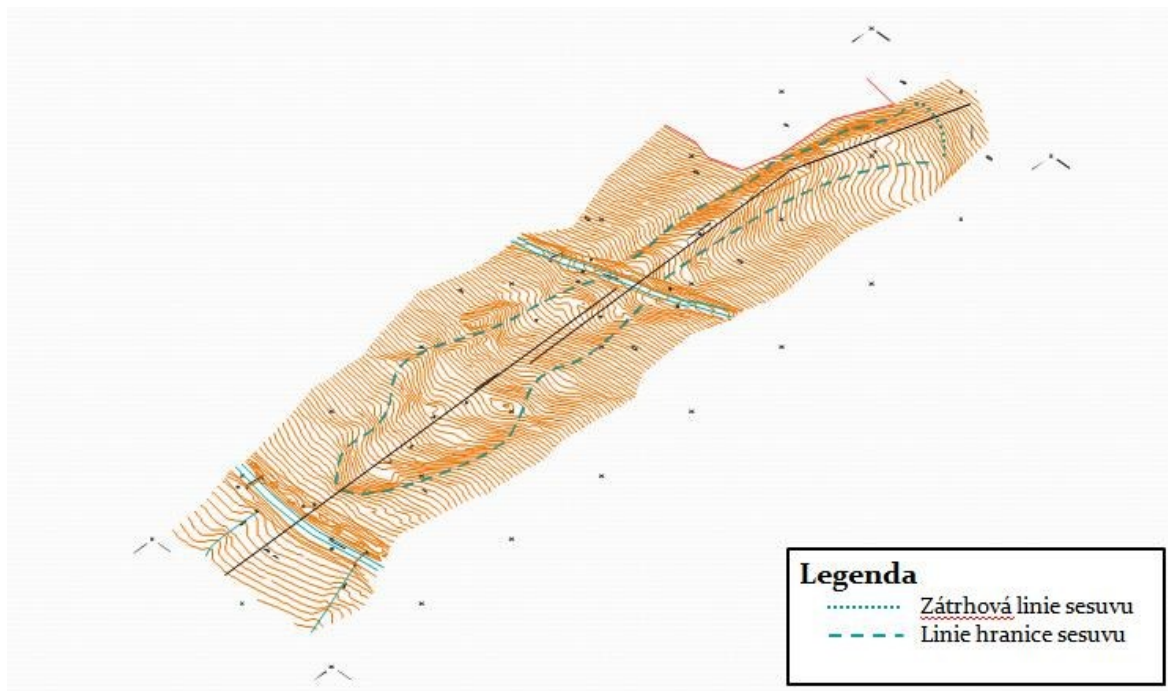
v transportní a akumulaciční oblasti. Odlučná oblast má charakter erozní rýhy, na jejíž bázi jsou místa pozorovatelné vrstevní plochy nepříznivě orientované – ve směru spádnice svahu pod úhlem  $30^\circ - 40^\circ$ . Tato oblast přechází v transportní oblast přibližně v úrovni lesní cesty (545 – 540 m).

Transportní oblast je pokryta neuspořádanými nakupenými horninovými bloky a zbytky po vývratech stromů. Tato oblast přechází a oblast akumulaciční asi o nadmořské výšce 545 metrů. Transportní oblast a akumulaciční jsou velice podobné.

Měřená část sesuvu se řadí do tzv. akumulaciční oblasti, která je morfologicky velice výrazná. Hornaté bloky v této oblasti dosahují až 5 metrů, které jsou převážně tvořeny pískovými horninami. Pískovce jsou v nízkém stupni zvětrání. Čelo sesuvu i oblast působí celistvým dojmem. Čelo se nachází přibližně 18 m od přivaděče vody.[5]



Obr. č. 3 spodní část sesuvu – akumulaciční oblast



Obr. č. 4 Schéma sesuvu

## 4. Použité programy

### 4.1. Groma

Groma je geodetický systém, který pracuje v prostředí MS Windows. Program je určený ke komplexnímu zpracování geodetických dat od surových údajů přenesených z totální stanice až po výsledné seznamy souřadnic, výpočetní protokoly a kontrolní kresbu.[6]

#### 4.1.1. Detailní popis

Groma je určena ke geodetickým výpočtům. Řeší všechny základní geodetické úlohy. Obsahuje jednoduchou grafiku a možnost digitalizace rastrových dat. Umí zpracovávat data ve formátech všech běžných záznamníků, jednotlivými výpočty i dávkově. V programu můžeme vést rozsáhlé seznamy souřadnic o kapacitě řádově stovky tisíc bodů, kapacita je omezena operační pamětí. V seznamech lze označit položky jednotlivě nebo podle různých výběrových kritérií. Tyto označené položky je možno využít v dalších operacích (např.: při výpočtech, kopírování, hromadné změny...).[7]

V programu lze otevřít okno se seznamem měření. Měření jde importovat z formátů všech běžných záznamníků. Naměřené hodnoty jsou zobrazeny v datovém okně, z kterého můžeme myší přetahovat do výpočetních dialogových oken. Tímto jsou odstraněny chyby, které mohou vznikat ze zadávání hodnot z klávesnice. Všechny výpočty probíhají v dialogových oknech, kde můžeme měření libovolně přidávat, mazat či editovat. Také jsou zde přehledně uspořádány všechny vstupní a výstupní údaje. V programu můžeme mít otevřené libovolné množství výpočetních oken. Měřená data i souřadnice můžeme do těchto oken přetahovat myší, zadat číslo bodu a nechat Gromu doplnit souřadnice ze seznamu. [7]

#### **4.2. Leica Geo Office 7**

Tento program nám umožňuje zpracování dat po měření („Post Processing“), měření v reálném čase („Real-Time Surveying“), ale také správu těchto dat a plánování měření.

Software Leica Geo Office má v sobě komponenty a ty jsou rozděleny na dvě skupiny. První skupinou komponentů jsou přístupné uživateli i bez hardwarové ochrany a druhou skupinou komponentů jsou přístupné pouze s hardwarovým klíčem. Druhá skupina komponentů se týká zpracování dat, vyrovnání, transformací, načítání dat ve formátu RINEX, výpočtu povrchů a kubatur a exportu pro aplikaci GIS a CAD. Ostatní komponenty i správa dat již nejsou chráněny hardwarovým klíčem, ale pouze tzv. kódem softwarové údržby.[8]

#### **4.3. MicroStation PowerDraft**

MicroStation je určen pro návrh v 2D i v 3D, který je vyvíjen firmou Bentley Systems od osmdesátých let 20. Století. Program MicroStation je CAD aplikace pro vytváření návrhů a kreslení detailů. Má snadno ovladatelné grafické rozhraní, intuitivní postupy prohlížení, ale také řadu nástrojů, které se prosadily v průmyslech, architektuře, kartografii. Program může sloužit například pro univerzální platformu 3D modelování, dynamické zpracování dat. Základním formátem je DGN, ale umí také využívat jiné formáty například DXF, JPEG nebo PDF. [18][19]

## 5. Měřické metody

### 5.1. Polární metoda

#### 5.1.1. Definice

Polární metoda je způsob, kterým se v geodézii měří polohopis. Při této metodě je poloha určována pomocí vzdálenosti a úhlu. Vzdálenost je mezi stanovištěm a určovaným bodem, úhel je mezi orientačním směrem a určovaným bodem.

#### 5.1.2. Postup měření

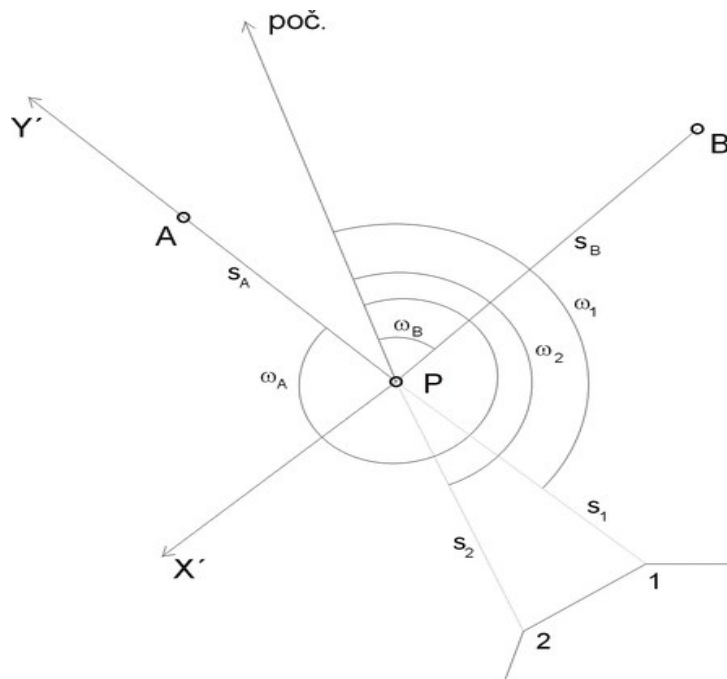
Ze stanoviště se zacílí na orientační bod. Od směru na orientační bod jsou měřeny úhly. Zacílíme na zaměřovaný bod, který je zaznamenán do paměti měřicího přístroje. Dále je od stanoviště ve směru zaměřovaného bodu změřena vzdálenost, která je rovněž zaznamenána do paměti měřicího přístroje.[9]

Jsou dva případy polární metody:

- stojíme na známém stanovisku – **pevné stanovisko**,
- stojíme na neznámém stanovisku – **volné stanovisko**.



### Volné stanovisko



Obr.č. 5 polární metoda – volné stanovisko

**Dáno:** bod A, B

**Měřeno:** úhly  $\omega_A, \omega_B, \omega_1, \omega_2, \omega_3 \dots$

strany  $s_A, s_B, s_1, s_2, s_3 \dots$

**Určit:**

- Souřadnice stanoviska P, souřadnice bodů 1, 2, 3...
- Řešíme pomocí transformace. Zvolíme si pomocný souřadnicový systém s počátkem v bodě P a kladnou osu  $y'$  vložíme do spojnice bodů P - A.

Určíme souřadnice bodů v pomocném souřadnicovém systému:

$$P' [0, 0]$$

$$A' [s_A, 0]$$

$$B' [s_B \cdot \sin \sigma'_{PB}, s_B \cdot \cos \sigma'_{PB}]$$

Výpočtem získáme identické body A a B.

Vypočteme transformační koeficienty:

$$\alpha_1 = \frac{\Delta x_{AB} * \Delta x'_{AB} + \Delta y_{AB} * \Delta y'_{AB}}{\Delta x_{AB}^2 + \Delta y_{AB}^2}$$

$$\alpha_2 = \frac{\Delta y_{AB} * \Delta x'_{AB} - \Delta x_{AB} * \Delta y'_{AB}}{\Delta x_{AB}^2 + \Delta y_{AB}^2}$$

Již můžeme vypočítat souřadnice volného stanoviště:

$$Y_P = Y_A + \alpha_1 * (Y'_P - Y'_A) + \alpha_2 * (X'_P - X'_A)$$

$$X_P = X_A + \alpha_1 * (X'_P - X'_A) - \alpha_2 * (Y'_P - Y'_A)$$

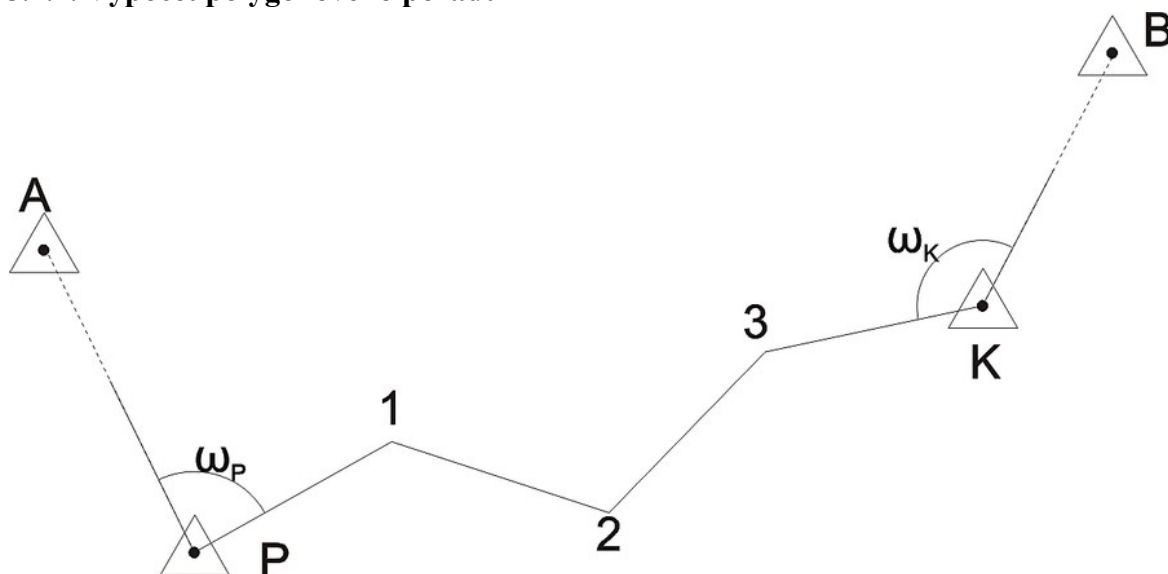
Citace zdroje [10]

## 5.2. Polygonový pořad oboustranně připojený a oboustranně orientovaný

### 5.2.1. Definice

Je to nejpoužívanější orientovaný pořad. Oboustranně orientovaný a připojený polygonový pořad je dán souřadnicemi počátečního a koncového bodu a dále souřadnicemi bodů orientace. Měříme délky a levostranné úhly mezi body uvnitř polygonového pořadu. Měříme směry na body orientace z počátečního a koncového bodu polygonového pořadu. Určujeme souřadnice bodů uvnitř polygonového pořadu.[11]

### 5.2.2. Výpočet polygonového pořadu



Obr. č. 7 Oboustranně připojený a oboustranně orientovaný polygonový pořad

**Dáno:** body P, K, A, B

**Měřeno:** úhly  $\omega_P, \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_N, \omega_K$

strany  $s_{P1}, s_{12}, s_{23}, \dots$

- Postup výpočtu:**
1. Výpočet připojovacího směrníku a směrníků stran.
  2. Úhlové vyrovnaní (rovnoměrně na všechny úhly).
  3. Výpočet souřadnicových rozdílů.
  4. Souřadnicové vyrovnaní (úměrné délkám stran).
  5. Výpočet jednotlivých souřadnic.

*1. Výpočet připojovacího směrníku a směrníků stran:*

Směrník první strany se spočítá podle vztahu:  $\sigma_{P1} = \sigma_{PA} + \omega_P$

Další směrníky potom:

$$\sigma_{i,i+1} = \sigma_{i-1,i} - 2R + \omega_i \text{ nebo } \sigma_{i,i+1} = \sigma_{PA} - i * 2R + \omega_P + \sum_{j=1}^i \omega_j = \sigma_{PA} - i * 2R + \sum_{j=0}^i \omega_j$$

Koncový směrnik  $\sigma_{KB}$  má potom velikost:

$$\sigma_{KB} = \sigma_{PA} + \sum_{i=0}^{n+2} \omega_i - (n+1) * 2R$$

## 2. Úhlové vyrovnaní:

Na konci polygonového pořadu nám vyjde směrnik  $\sigma_{KB}$  vypočítaný z měřených úhlů rozdílný od směrníku  $\overline{\sigma_{KB}}$  vypočítaného ze souřadnicových rozdílů bodů K a B. Rozdíl těchto hodnot tvoří úhlový uzávěr  $O_\omega$ , který se rovnoměrně rozloží na všechny měřené úhly  $\omega_i$ . Tím získáme vyrovnané úhly  $\overline{\omega_i}$ , které se budou používat pro výpočet souřadnicových rozdílů.

$$O_\omega = \overline{\sigma_{KB}} - \sigma_{KB}$$

Opět je nutné zkontrolovat, zda je velikost odchylky  $O_\omega$  menší než dopustná odchylka  $\Delta\omega$ .

$$\delta\omega = \frac{O_\omega}{n+2}$$

(chyby se rozdělují na úhly n neznámých bodů, ale i na  $\omega_P$ ,  $\omega_K$ , proto  $n+2$ ).

Vyrovnané úhly se spočítají snadno, z nich se potom určí vyrovnané směrníky

$$\begin{aligned} \overline{\omega_i} &= \omega_i + \delta\omega \quad \text{pro } i = \{0 \dots n+1\} \\ \overline{\sigma_{i,i+1}} &= \sigma_{PA} - i * 2R + \sum_{j=0}^i \overline{\omega_j} \end{aligned}$$

3. Výpočet souřadnicových rozdílů a souřadnicové vyrovnání:

$$\overline{\sigma_{i,i+1}} = \sigma_{p,1} - i * 2R + \sum_{j=0}^i \overline{\omega_j}$$

4. Souřadnicové vyrovnání (úměrné délkám stran:

$$\Delta Y_{i,i+1} = s_{i,i+1} * \sin \overline{\sigma_{i,i+1}} \quad \text{a} \quad \Delta X_{i,i+1} = s_{i,i+1} * \cos \overline{\sigma_{i,i+1}}$$

6. Výpočet jednotlivých souřadnic:

$$X_i = X_p + \sum_{j=1}^i \overline{\Delta X_{j-1,j}}$$

$$Y_i = Y_p + \sum_{j=1}^i \overline{\Delta Y_{j-1,j}}$$

citace zdroje [12]

### 5.3. Technologie GNSS

Globální družicový polohový systém (anglicky: GlobalNavigationSatelliteSystem, zkratkou GNSS) je služba, která umožňuje za pomoci družic autonomní prostorové určování polohy s celosvětovým pokrytím. Používají se malé elektronické rádiové přístroje. Na základě odeslaných signálů z družic umožňuje výpočet polohy s přesností na desítky až jednotky metrů. Ve speciálních nebo vědeckých aplikacích je přesnost až několik centimetrů nebo až několik milimetrů.

#### Princip funkce:

- **Dálkoměrný systém:** poloha nějakého objektu se určuje ze vzdáleností od bodů se známou polohou. Například můžeme určovat polohu mapou a dalekohledem, mapou a kružítkem.
- **Rádiový systém:** využívá rádiových vln pro měření určitého parametru. K měření vzdálenosti využívá rádiové vlny takto: do bodu se známou polohou je umístěn vysílač, který vysílá rádiové vlny s časovými značkami. Umístíme přijímač na bod,

kde se měří poloha a ten porovnává časové značky se svými „hodinami“. Tím změříme zpoždění. Rádiové vlny se pohybují známou rychlostí. Pro výpočet žádané vzdálenosti vynásobíme změřené zpoždění touto rychlostí.

- **Družicový systém:** body se známou polohou jsou družice obíhající Zemi. V jejich vysílání musejí být časové značky a parametry dráhy družice, ze které lze polohu při odeslání zprávy vypočítat.
- **Všechny uživatele [13]**

### 5.3.1. WGS-84 (World Geodetic System 1984)

Je to světový geodetický referenční systém z roku 1984, který je založený na referenčním elipsoidu (parametry  $a = 6378137,00000$  m,  $b = 6356752,31425$  m). Referenční elipsoid je také označován jako WGS-84. U nás se tento systém používá jako standardní při GPS.

Systém používá zeměpisné souřadnice, body jsou definovány zeměpisnou šířkou, délkou a výškou. Šířka a délka se zapisuje ve stupních, ve stupních a minutách nebo ve stupních, minutách a vteřinách. Vždy musíme správně uvést, zdali se jedná o severní nebo jižní šířku a o východní nebo západní délku. Výšky se zapisují v metrech, je to vzdálenost od elipsoidu. Skutečné nadmořské výšce se poměrně dobře přibližuje.

IERS je nultým poledníkem. Leží 5.31 úhlových vteřin východně od "Greenwich Prime Meridian". Odchylka na zeměpisné šířce Královské observatoře činí 102.5 metrů. [14]

### 5.3.2. ETRS-89 (European Terrestrial Reference System 1989)

V České republice je pro civilní sféru bodového pole pro systém S-JTSK navázána na systém ETRS-89. Tento systém je odvozen z konvenčních referenčních systémů.

#### **Konvenční referenční systémy:**

Je určen souborem konstant, algoritmů, technologií a referenčním rámcem. Referenční rámec je soubor objektů, kterým jsou přiřazeny souřadnice a změny těchto souřadnic v čase. Můžeme rozlišit dva základní konvenční systémy a to ICRS a ITRS-YY.

ITRS-YY je mezinárodní terestrický referenční systém (International Terrestrial Reference System), kde YY je dvojčíslí roku realizace.

Mezinárodní nebeský referenční systém ICRS (European Terrestrial Reference System 1989) má počátek v barycentru sluneční soustavy. Osa z je totožná s konvenčním efemeridovým pólem CEP (celestin ephemeris pole) v epoše J2000.0. Osa x směřuje do jarního bodu této epochy. Osa y dělá systém pravotočivým. Referenční rámec je ICRF (International Celestial Reference Frame).

Systém ITRS (International Terrestrial Reference System) má počátek ve hmotném středu Země. Osa z je stejná s konvenčním mezinárodním počátkem CIO (conventional International Origin). Osa x leží v rovině greenwichského poledníku. Osa y doplňuje systém na pravotočivý. Referenční rámec je ITRF (International Terrestrial Reference Frame). ITRS používá elipsoidu GRS-80 (Geodetic Reference System 1980).

Pro oba systémy platí převodní vztah a oba jsou časově proměnlivé. Systém ITRS díky nutace, precese, pohybem pólů. Systém ICRS nestálostí vzdálených kosmických objektů. ETRS-89 je odvozen od systému ITRS a spojen s euroasijskou kontinentální deskou. ETRS-89 není zastaralým systémem. [15]

## 6. Přístrojové vybavení

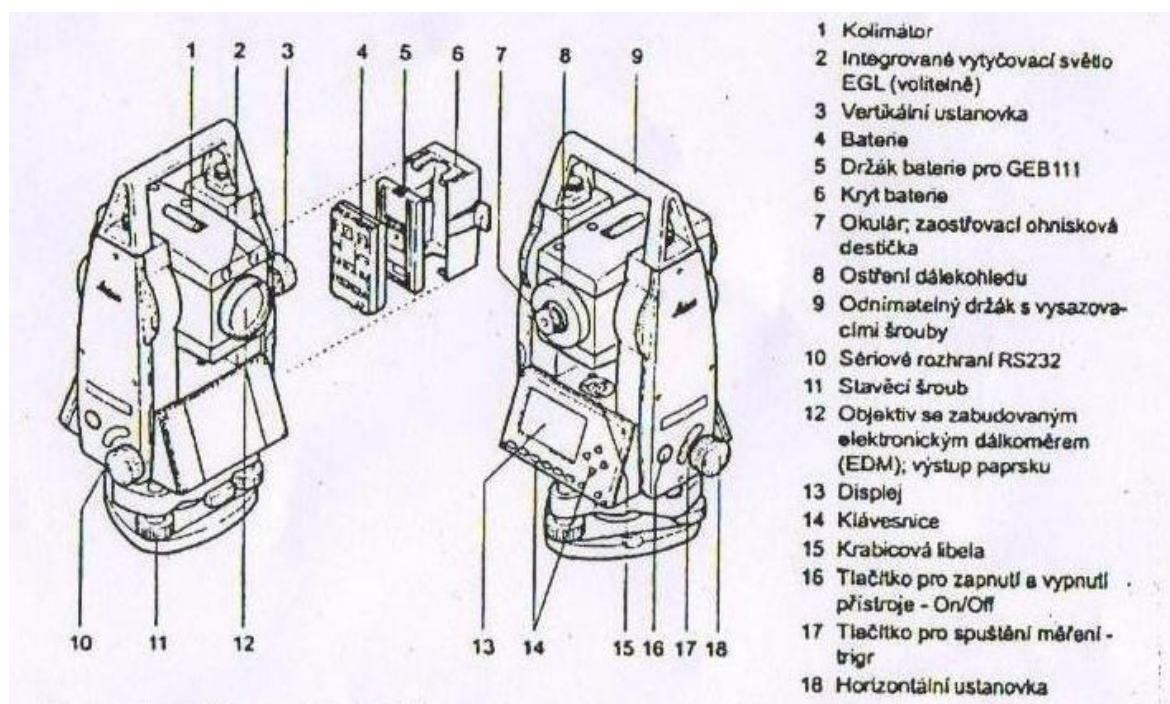
### 6.1. Leica TCR 307



Obr. č. 7 Leica TCR 307

### 6.1.1. Popis přístroje

Je vysoce kvalitní elektronický tachymetr určený pro jednoduché práce. Je ideálně přizpůsobený pro běžné geodetické práce a vytyčovací úlohy. Je možnost měření vzdáleností bez odrazného hranolu pomocí zabudovaného laserového paprsku. Má nekonečnou vertikální a horizontální ustanovku a pro dostředění přístroje laserovou olovnici. [16]



Obr. č. 8 Součásti přístroje

### 6.1.2. Technické parametry přístroje

#### Dalekohled

Zvětšení	30x
Nejkratší vzdálenost záměry	1,7m
Zorné pole	1°30'

#### Měření úhlů

Jednotky	360° šedesátinné, 400 gon, 360° desetinné, 6400mil, V%
Přesnost odečítání	7'', 2 mgon



Nejmenší zobrazovaná jednotka 0,0005 gon, 1''

### **Citlivost libely**

Krabicová libela 6' / 2mm

Elektronická libela 20'' / 2mm

### **Laserová olovnice**

Přesnost 0,8mm / 1,5mm

Průměr laserové stopy 2,5mm / 1,5mm

### **Kompenzátor**

Dvojosý, kapalinový

Rozsah urovnání 4', (0,07 gon)

Přesnost urovnání 2'', (0,7 mgon)

### **Napájení**

Baterie Ni+Mh

Napětí 6 V, 1800 mAh

Externí napájení – napětí 11,5 V – 14 V

### **Počet měření**

Úhly 4 h

Vzdálenost 1000

### **Teplotní rozsah**

Provozní 20°C až +50°C

## Registrace

Vnitřní paměť – kapacita

256 kB = 4000 datových bloků nebo 7000 souřadnic

## Měření vzdálenosti infračerveným dálkoměrem HR

Program měření	Přesnost	Doba měření
Standardní měření	2 mm + 2 ppm	< 1 sec
Rychlé měření	5 mm + 2 ppm	< 0,5 sec
Tracking	5 mm + 2 ppm	< 0,3 sec
Odrazové štítky	5 mm + 2 ppm	< 0.5 sec

[16]

## 6.2.TopconHiPer pro



Obr. č. 9 ... TopconHiPer pro

## Specifikace

<b>Popis</b>	40 kanálový integrovaný GPS přijímač / anténa s MINTER interface.
<b>Sledování Specifikace</b>	
Sledování kanálů	standard: 40 L1 GPS (20 GPS L1 + L2 na Popelku * dny) volitelné: 20 GPS L1 + L2 (GD), GPS L1 + GLONASS (GG), 20 GPS L1 + L2 + GLONASS (GGD)
Signály Pásový	L1/L2 C / A a P Code&Carrier a GLONASS
<b>Technické parametry</b>	
Static, Rapid Static	Horizontální: 3mm + 0.5ppm (x základní délka) Vertikální: 5mm + 0.5ppm (x základní délka)
RTK	Horizontální: 10 mm + 1.0ppm Vertikální: 15 mm + 1.0ppm

<b>Technické specifikace</b>	
Baterie	Interní Lithium-Ion baterie plus 1 externí napájení portů
Provozní doba	14 + hodin (10 hodin TX)
Externí příkon	6-28 voltů DC
Spotřeba energie	Méně než 4,2 watt
<b>Specifikace prostředí</b>	
Příloha	Hliníkové úchyty, vodotěsné
Provozní teplota	-30 ° C až 60 ° C / 22 ° C až 140 ° C
Rozměry	W: 159 x H: 172 x D: 88 mm (6.25 "x 6.75" x 3,5 ")
Hmotnost	1,65 kg / 3,64 liber
<b>GPS anténa</b>	
<b>Specifikace</b>	
GPS anténa	Integrovaný
Typ antény	Center-mount UHF anténa
Ground Plane	Anténa na rovné umělé zemi
<b>Rádio Specifikace</b>	
Radio Type	Interní Tx / Rx UHF (volitelný frekvenční rozsah)
Výstupní výkon	1.0W/0.25W (volitelné)
CDPD & GSM modem	Volitelné příslušenství
<b>Bezdrátová komunikace</b>	
Komunikace	Bluetooth ® verze 1.1 vzorek. ** †
<b>Vstup / výstup</b>	
Komunikační porty	2x sériový (RS232)
Ostatní I / O signály	1PPS, EventMarker
Indikátor stavu	4x3-color LED (zelená, červená, žlutá), dva-funkční klávesy
Control& Zobrazovací jednotka	(MINTER) Externí pole regulátor
<b>Paměť a nahrávání</b>	
Raw Záznam dat	<b>1Hz</b> (až 20 krát za sekundu (20 Hz) <b>podle volby</b> )
Typ dat	Kód a Carrier od L1 a L2, GPS a GLONASS
<b>Data Input / Output</b>	
V reálném čase datové výstupy	RTCM SC104 verze 2.1, 2.2, 2.3, CMR, CMR + NMEA 0183 verze 2.2
Další výstupy	TPS formát
Výstupní rychlost	Až 20 krát za sekundu (20Hz)

[17]

..

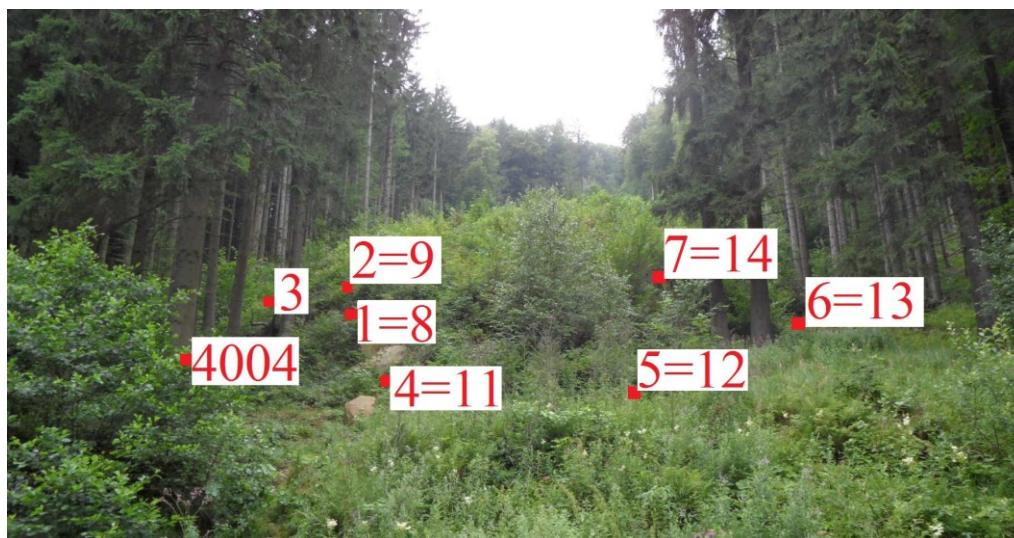
## **7. Rekognoskace zájmového území**

Rekognoskace je důležitá pro obeznámení s místní lokalitou, určení měřické sítě, vybrání vhodné metody měření a připojení měřické sítě do S-JTSK a Bpv.

Vlastní sesuv svahu se nachází v oblasti obce Lidečka v chráněné krajinné oblasti u Čertových skal. K území svahové deformace vede polní cesta. V okolí se vyskytovaly četné smrkové monokultury a vodomilné rostliny. Na samostatném sesuvu se nacházejí pískovcovité bloky různých velikostí a jílovitá půda. Svah byl již v minulých letech monitorován jak geodeticky, tak geofyzicky. Došlo k jeho částečnému odvodnění. Tato voda odtéká z pravého boku sesuvu dolů pod čelo svahu.

Geodetické práce se uskutečnili začátkem července roku 2012 a v polovině dubna roku 2013. První měření proběhlo 2. 7. 2012. Další měření proběhlo 2. 11. 2012 a 15. 4. 2013. Lokalita byla výškopisně (Bpv) a polohopisně (S-JTSK) zaměřena. Výsledkem těchto měření je určení pohybu svahu, které je graficky znázorněné v kapitole 8.1..

Měřickou síť tvoří body 501 – 510. Technologií GNSS jsme určili souřadnice a výšky bodů 501, 502, 509, 510. A dále byly určeny oboustranně připojeným a orientovaným pořadovým polygonem. Připojené body 502 a 509, orientované body 501 a 510. Podrobné body 1-14 viz. obr. č. 10, které se nacházejí v čele sesuvu přibližně 12 metrů od jeho spodní hranice, byly reprezentovány kovovými tyčemi. Body polygonového pořadu byly reprezentovány kovovými tyčemi v zemi a barevnými značkami na větších balvanech. Časová stísněnost a omezený dojezd znemožnil vybudování, z dlouhodobého hlediska, kvalitnější měřické sítě monitorovaných bodů.



Obr. č. 10 Podrobné body

## 8. Výsledky geodetického monitoringu

Dne 2. 7. 2012 proběhlo první měření, kromě kterého proběhly další dva opakovaná měření a to 2. 11. 2012 (2. měření) a 15. 4. 2013 (3. měření). Metodou GNNS byly sledovány stabilní body na začátku polygonového pořadu 501, 502 a na konci polygonového pořadu 509, 510 (viz. Tab. č. 1). Z bodu 506 a 507 byly zaměřeny podrobné body (1-14) v čele sesuvu. Během prvního a druhého opakovaného měření – tj. čtyř měsíčního období došlo k posunu o cca 0,03 metry. Během prvního a třetího opakovaného měření – tj. devíti měsíčního období došlo k posunu o cca 0,07 metrů (viz. Příloha č. 7). Oboustranně orientovaný a připojený polygon polygonový pořad všech měření je vypočten v příloze č. 4-6, který je znárodněn v grafické příloze č. 1. Podrobné body byly vypočteny polární metodou dávkou, které jsou v příloze č. 8-10 a znázorněny v grafické příloze č.2.

Měření GNNS			
Číslo bodu	Y(E)	X(N)	Z
501	493389,21	1168640,00	435,48
502	493396,55	1168622,31	436,06
509	493487,66	1168189,67	459,17
510	493491,27	1168122,66	458,77

Tab. č. 1 Měření GNNS

## 8.1. Grafické znázornění

### ○ Polohové grafické znázornění

V polohovém grafickém znázornění je znázorněná poloha všech třech měření.

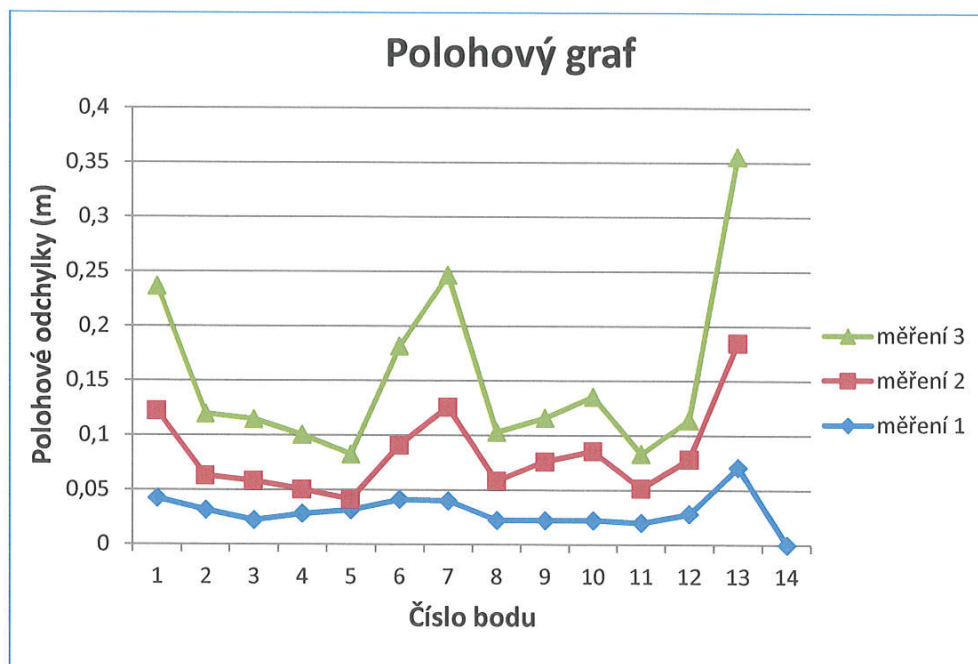
Byla vypočtena polohová odchylka podrobných bodů pomocí vzorce  $\Delta_{x,y} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$ .

Výsledky polohových odchylek v metrech:

Číslo bodu	1. měření	2. měření	3. měření
1	0,042426407	0,08	0,114017542
2	0,031622776	0,031622777	0,056568542
3	0,02236068	0,036055513	0,056568543
4	0,028284271	0,02236068	0,05
5	0,031622776	0,01	0,041231056
6	0,041231056	0,05	0,090553851
7	0,04	0,086023253	0,12083046
8	0,02236068	0,036055513	0,044721359
9	0,02236068	0,053851648	0,04
11	0,02236068	0,063245553	0,05
12	0,02	0,031622776	0,031622776
13	0,028284271	0,05	0,036055513
14	0,070710678	0,114017543	0,170880075

Tab. č. 2 Polohové odchylky

Grafické znázornění:



Graf č. 1 Polohový graf

### Výškové grafické znázornění:

Ve výškovém grafickém znázornění jsou porovnány výšky druhého a třetího opakovaného měření vůči prvnímu měření. Jednotlivé výšky se od sebe odečítají a to druhé měření od prvního a třetí měření od prvního.

Výsledky odečtených výšek:

Číslo bodu	1.-2. měření	3.-1. měření
1	0,01	-0,03
2	0,01	-0,04
3	0,02	-0,04
4	0,02	-0,04
5	0,02	-0,04
6	0,02	-0,01
7	0,00	-0,05
8	-0,03	-0,02
9	-0,03	-0,04
11	-0,03	-0,05
12	-0,02	-0,03
13	-0,03	-0,03
14	-0,04	-0,06

Tab. č. 3 Rozdíly výšek

Grafické znázornění:



Graf č. 2 Výškový graf



### **Závěr:**

Předmětem mé bakalářské práce je sledování stability svahu v oblasti Lidečko. Z vypočítaných hodnot souřadnic pozorovaných bodů jsem zjistila, že body polygonového pořadu jsou stabilní. Naopak však sledováním podrobných bodů jsem zjistila, že od první etapy k poslední etapě, došlo k posunu a to o 0,07metrů.

Svah je částečně odvodněn, ale ne však dostatečně, což mohlo způsobit jeho pohyb. Tento posun mohl být také způsoben četnými dešťovými srážkami nebo velkými přívaly sněhu a následné oblevě.

V dřívějších letech byl sesuv geodeticky a geofyzicky monitorován a již tehdy nastala otázka, zda je sesuvná aktivita vyvolána svrchním či spodním sesuvným patrem.

## Použitá literatura a zdroje

- [1] Hornická mechanika zemin, stabilita svahů – J. Stanek, R. Kořínek, Ostrava 2003
- [2] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Svah> (2013-3-21)
- [3] [http://www.mistopisy.cz/historie\\_lidecko\\_10227.html](http://www.mistopisy.cz/historie_lidecko_10227.html) (2013-3-21)
- [4] [http://nature.hyperlink.cz/vsetinsko/Certovy\\_skaly.htm](http://nature.hyperlink.cz/vsetinsko/Certovy_skaly.htm) (2013-3-21)
- [5] Geotechnický průzkum - Ing. Richard Skopal, Ostrava 2008
- [6] <http://www.groma.cz/cz/> (2013-3-21)
- [7] [http://www.geoserver.cz/geo/geodeticky-software/groma/groma\\_8-616](http://www.geoserver.cz/geo/geodeticky-software/groma/groma_8-616) (2013-3-21)
- [8] [http://www.gefos-leica.cz/ftp/GPS/Navody/CZ\\_Rychlonavody/LGO\\_rychlonavod.pdf](http://www.gefos-leica.cz/ftp/GPS/Navody/CZ_Rychlonavody/LGO_rychlonavod.pdf) (2013-4-20)
- [9] <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch08s05.html> (2013-2-19)
- [10] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%A1rn%C3%AD\\_metoda](http://cs.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%A1rn%C3%AD_metoda) (2013-2-19)
- [11] [http://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/seminar-z-geoinformatiky/literatura/polygonove-porady?student\\_welcome=1](http://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/seminar-z-geoinformatiky/literatura/polygonove-porady?student_welcome=1) (2013-2-19)
- [12] <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch07s04.html> (2013-2-19)
- [13] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Glob%C3%A1ln%C3%AD\\_dru%C5%BEicov%C3%BD\\_polohov%C3%BD\\_syst%C3%A9m](http://cs.wikipedia.org/wiki/Glob%C3%A1ln%C3%AD_dru%C5%BEicov%C3%BD_polohov%C3%BD_syst%C3%A9m) (2013-3-18)
- [14] <http://wiki.geocaching.cz/wiki/WGS-84> (2013-3-18)
- [15] [http://transformace.webst.fdcvut.cz/Iframe/ETRS\\_iframe.htm](http://transformace.webst.fdcvut.cz/Iframe/ETRS_iframe.htm) (2013-3-18)
- [16] Elektronický tachymetr Leica TCR 307 – Prof. Ing. Jan Schenk, CSc., Ostrava 2001
- [17] <http://www.topcon.com.sg/survey/hiperpro.html> (2013-3-18)
- [18] <http://cs.wikipedia.org/wiki/MicroStation> (2013-4-20)
- [19] <http://www.cad.cz/aktuality/77-aktuality/10-microstation-powerdraft-bezplatne-pro-skoly-a-studenty.html> (2013-4-20)

## **Seznam obrázků**

Obr. č. 1 Rozpoložení obce Lidečko v měřítku 1:380 000

Obr. č. 2 znázornění oblastí

Obr. č. 3 spodní část sesuvu

Obr. č. 4 schéma sesuvu

Obr. č. 5 Polární metoda – volné stanovisko

Obr. č. 6 Oboustranně připojený a oboustranně orientovaný polygonový pořad

Obr. č. 7 Leica TCR 307

Obr. č. 8 Součásti přístroje

Obr. č. 9 TopconHiPer pro

Obr. č. 10 Podrobné body

## **Seznam tabulek**

Tab. č. 1 Měření GNNS

Tab. č. 2 Polohové odchylky

Tab. č. 3 Rozdíly výšek

## **Seznam grafů**

Graf č. 1 Polohový graf

Graf č. 2 Výškový graf

## **Přílohy**